



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 48 351 A1 2004.04.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 48 351.5

(51) Int Cl.⁷: F01L 1/344

(22) Anmeldetag: 17.10.2002

F16D 3/10

(43) Offenlegungstag: 29.04.2004

(71) Anmelder:

INA-Schaeffler KG, 91074 Herzogenaurach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 101 01 938 A1

DE 43 01 647 A1

EP 10 46 792 A2

(72) Erfinder:

Schäfer, Jens, Dipl.-Ing., 91074 Herzogenaurach,
DE; Steigerwald, Martin, Dipl.-Ing., 91056
Erlangen, DE; Heywood, Jon, Dipl.-Ing., 96175
Pettstadt, DE; Degelmann, Jörg, Dipl.-Ing., 95463
Bindlach, DE

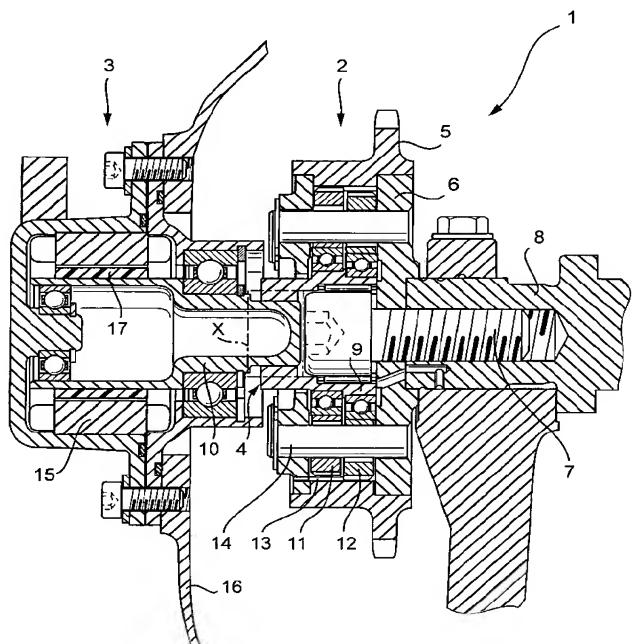
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrisch angetriebener Nockenwellenversteller**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller (1) zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist.

Ein kostengünstig zu betreibender Nockenwellenversteller (1) wird dadurch erreicht, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupplung (4) miteinander verbunden sind.



Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der Drehwinkellage der Nockenwelle zur Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In der DE 41 10 195 A1 ist ein Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine offenbart, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe, das eine mit der Kurbelwelle fest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle aufweist.

[0003] Bei dieser Lösung ist die Verstellmotorwelle einstückig mit der Verstellwelle des Verstellgetriebes ausgebildet. Dadurch muss bei Ausfall des Verstellmotors immer der gesamte Nockenwellenversteller ausgetauscht werden. Außerdem ist die Montage desselben aufwendig, da eine Vormontage des kompletten Verstellmotors nicht möglich ist.

Aufgabe der Erfindung

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Nockenwellenversteller zu schaffen, der kostengünstig zu betreiben ist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Durch die getrennte Ausbildung von Verstellmotor und Verstellgetriebe kann der Verstellmotor komplett vormontiert und aufgrund der lösbarer Kupplung auf einfache Weise eingebaut bzw. ausgewechselt werden. Durch die Drehspielfreiheit der Kupplung ist deren verschleiß- und geräuscharmer Betrieb gewährleistet.

[0006] Die erfindungsgemäße Anordnung einer lösbarer Kupplung zwischen Verstellgetriebe und Verstellmotor ist unabhängig von der Art des Verstellmotors. Besonders geeignet ist der elektrische Verstellmotor. Dieser hat gegenüber einem Hydromotor den Vorteil, unabhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors und somit auch bei dessen Stillstand zu funktionieren. Außerdem hat die Ölviskosität keinen Einfluss auf seine Funktion. Gegenüber einem Pneumatikmotor hat der elektrische Verstellmotor den Vorteil der im Normalfall ohnehin vorhandenen Stromversorgung und der unkomplizierteren Regelbarkeit.

[0007] Es bietet Fertigungs- und damit Kostenvor-

teile, wenn die Kupplung zwei zusammenfügbare Teile aufweist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle, das andere mit der Verstellwelle drehfest verbunden ist.

[0008] Eine einfache Montage des Verstellmotors wird dadurch erreicht, dass eines der beiden Teile als Außenteil, das andere als Innenteil ausgebildet ist, wobei die beiden Teile drehspielfrei ineinander steckbar sind.

[0009] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellenkupplung ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen am Außenteil und je zwei Kupplungsflächen am Innenteil aufweist, wobei vorzugsweise die letzteren drehspielvermeidende Mittel aufweisen. Die bewährte Zweikantwellenkupplung bietet ausreichend Platz zur Unterbringung von drehmomentübertragenden und drehspielvermeidenden Mitteln. Als Kupplungen kommen auch Passfeder- und Profilwellenkupplungen wie Polygon-, Zahn-, Keil- und Mehrkant-Wellenkupplungen in Frage. Auch eine einseitig abgefräste Welle mit entsprechendem Gegenstück (ähnlich dem Zweikant, aber nur mit einer geraden Fläche) ist ebenfalls denkbar. Die Anbringung der drehspielvermeidenden Mittel auf dem Innenteil bietet Montage- und Bauraumvorteile gegenüber deren ebenfalls möglichen Anbringung auf dem Außenteil.

[0010] Eine konventionelle Lösung ist darin zu sehen, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen des Innen- und Außenteils vorgesehen ist. Die dazu erforderliche Fertigungspräzision bedingt einen entsprechenden Bauaufwand.

[0011] Eine kostengünstigere Lösung besteht darin, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststofffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen überbrücken. Wegen der Vorspannung der Federn und deren ausreichendem Federweg kann das Spiel zwischen den Kupplungsflächen und seine Toleranz relativ groß gewählt werden, wodurch der Bauaufwand entsprechend verringert wird.

[0012] Von Vorteil ist, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern und die Kunststofffeder vorzugsweise als Polymerband oder als Polymer-O-Ring ausgebildet und vorzugsweise in Nuten bzw. in einer umlaufenden Nut der Kupplungsflächen des Innenteils angeordnet sind. Die Anbringung der Polymerfedern in Ringnuten der Kupplungsflächen des Innenteils erleichtert vor allem die Montage des Polymerbands und des Polymer-O-Rings, die dort verliersicher angeordnet sind.

[0013] Die zur Drehmomentübertragung und Drehspielvermeidung erforderlichen Feder- und Montagekräfte sind relativ niedrig, da das zu übertragende Drehmoment von weniger als 1 Nm relativ gering ist, so dass bei entsprechender Federsteifigkeit kein relatives Verdrehen der Elektromotor- und der Verstellwelle eintritt. Durch die Federn können auch kleine

Fluchtungsfehler dieser Wellen ausgeglichen werden. Es hat Vorteile, wenn die Flachbiege- oder Tellerfedern als einteilige Federspange ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken des Innenteils einrastet. Auf diese Weise bilden die Flachbiege- oder Tellerfedern paarweise eine Einheit, die verliersicher an dem Innenteil befestigt ist und so die Montage des Verstellmotors erleichtert.

[0014] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als eine Rohrwellenkupplung ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil, das mit Spiel im Außenteil angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist. Die beiden Teile sind als Drehteile ausgebildet, die einfach und kostengünstig zu fertigen sind. Ebenso ist es von Vorteil, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring, vorzugsweise aus Metall vorgesehen ist der in einer Radialnut vorzugsweise am Umfang des koaxialen, zylindrischen Innenteils angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial überragt. Grundsätzlich könnte der Toleranzring auch auf dem Innenumfang des Außenteils angeordnet sein, jedoch ist die erfindungsgemäße Anordnung montagefreundlicher.

[0015] Durch den Überstand der Toleranzhülse entsteht bei der Montage eine federelastische Verformung derselben, die zu einer kraftschlüssigen Verbindung zwischen den Innen- und Außenteil führt. Bei der Wahl des Überstandes muss darauf geachtet werden, dass das Drehmoment des Verstellmotors übertragbar ist, ohne die Axialbewegung des Innen- und Außenteils zueinander und damit die Wärmedehnung wesentlich zu behindern. Der Toleranzring ist auch als Polymerring denkbar.

[0016] Durch eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung wird erreicht, dass als drehspielvermeidendes Mittel zumindest eine Rastkugel oder ein vorzugsweise zylindrischer Raststift mit kegelig zu gespitztem Ende vorgesehen sind, die in Radial- bzw. Durchgangsbohrungen vorzugsweise des koaxialen, zylindrischen Innenteils mit Spiel geführt und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialbohrungen geringeren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil unter der Kraft einer Druck- bzw. Durchgangsfeder um ein durch den geringeren Durchmesser begrenztes Maß verschiebbar sind. Anstelle der einen können auch vorteilhafter Weise zwei oder mehrere Rastkugeln bzw. zylindrische Raststifte treten. Diese könnten auch in dem Außenteil angeordnet sein und radial in eine entsprechende Bohrung des Innenteils eingreifen. Alternativ zu den zylindrischen Stiften können auch solche mit beispielsweise quadratischem oder rechteckigem oder auch beliebig anderem Querschnitt Verwendung finden. Auch bei dieser Variante können kleine Fluchtungsfehler zwischen der Verstellmotor- und Verstellwelle ausgeglichen werden. Die Durchgangsbohrung hat gegenüber den beiden Radialbohrungen, die sie ersetzt, den Vorteil einfacher

erer Fertigung und einer gleichmäßigen Druckbeaufschlagung der Rastkugeln bzw. der Raststifte.

[0017] Durch entsprechende Auslegung der Federkraft der Druck- bzw. der Durchgangsfedern und/oder der Kegelwinkel der zylindrischen Stifte, ist das übertragbare Drehmoment der Rohrkupplung begrenzbar. Diese wirkt dann als Sicherheitskupplung, indem bei Überlast die Rastkugeln oder die zylindrischen Raststifte gegen die relativ geringen Federkräfte aus den Bohrungen im Außenteil verdrängt und so die beiden Wellen entkoppelt werden. Für eine Axialbeweglichkeit der mit Rastkugeln oder mit zylindrischen Raststiften ausgerüsteten Rohrwellenkupplung ist es notwendig, dass die anderen Radialbohrungen als in axialer Richtung ausgerichtete Langlöcher ausgebildet sind.

[0018] Es ist von Vorteil, wenn die Kupplung als Klauenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen aufweisen, die ineinander greifen, wobei zwischen den Klauen Abstände vorgesehen sind, die durch Zahnelemente eines elastischen, vorgespannten Polymerkranzes drehspielfrei überbrückt sind. Die Klauenkupplung ermöglicht aufgrund der Elastizität des Polymerkranzes auch den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Außerdem wirkt sie schwingungsdämpfend.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Kupplung ist als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupplung, ausgebildet, deren Innen- oder Außenteil, insbesondere deren Innen- oder Außenverzahnung, aus elastischem Kunststoff ausgebildet ist. In Anbetracht des relativ geringen zu übertragenden Drehmoments sind vielerlei Kupplungen, beispielsweise Polygon- oder Mehrkantwellenkupplungen, zur halbseitigen Ausführung in Kunststoff geeignet. Die Zahnwellenkupplung zeichnet sich durch besonders einfache Montierbarkeit aus. Auch ermöglicht sie aufgrund des elastischen Kunststoffzahnkranzes den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Ebenso wirkt sie schwingungsdämpfend durch die Eigendämpfung des Kunststoffs.

[0020] Für eine rationelle Fertigung und für eine kompakte Bauweise ist es von Vorteil, dass die aus Kunststoff bestehende Innen- oder Außenverzahnung direkt auf entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend ausgebildete metallische Zwischenbüchse aufvulkanisiert sind und dass die Zwischenbüchse mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

[0021] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als Magnetwellenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile gegenüberliegende Dauermagnete aufweisen, die das Antriebsmoment des Verstellmotors durch Magnetkräfte berührungslos und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle übertragen. Die Dauermagnete können aus ferritischem oder Seltenerd-Material, wie Samarium-Kobalt oder Neodym-Eisen-Bor hergestellt sein. Aufgrund des von

der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle zu übertragenden geringen Drehmoments, wird diese von der Magnetkraft annähernd synchron, dass heißt verdrehspielfrei, mitgenommen. Auch diese Kupplung kann als Sicherheitskupplung ausgebildet sein, die bei Überlast durchrutscht. Da es sich um eine berührungslose Kupplung handelt, wird das Drehmoment vibrationsarm übertragen. Außerdem kann auch ein geringer Achsversatz ausgeglichen werden.

[0022] Es hat Vorteile, wenn die Dauermagnete vorzugsweise axial angeordnet sind und zwischen ihnen eine unmagnetische Membran mit beidseitigem Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor ördicht abschließt. Bei axialem Anordnung der Magnete muss darauf geachtet werden, dass deren für die Übertragung des Drehmoments zulässiger Höchstabstand nicht überschritten wird. Andererseits dürfen die Dauermagnete die Membran nicht berühren. Die ebenfalls mögliche radiale Anordnung der Magnete ist demgegenüber gegen axiale Verschiebung weitestgehend unempfindlich, jedoch ist die Ausbildung einer Membran zwischen diesen Dauermagneten schwieriger.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den zugehörigen Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt sind. Es zeigen:

[0024] **Fig. 1** einen Nockenwellenversteller mit getrenntem elektrischen Verstellmotor und Verstellgetriebe, die durch eine Zweikantwellenkupplung lösbar verbunden sind;

[0025] **Fig. 2** eine Zweikantwellenkupplung gemäß Einzelheit X von **Fig. 1** im Querschnitt;

[0026] **Fig. 3** einen Längsschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 2**;

[0027] **Fig. 4** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 3**, jedoch mit drehmomentübertragenden und drehspielvermeidendenden Metallfedern;

[0028] **Fig. 5** einen Querschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 4**;

[0029] **Fig. 6** einen Querschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 5**, jedoch mit einteiliger Federspange;

[0030] **Fig. 7** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 4**, jedoch mit einem Flachband als Polymerteder;

[0031] **Fig. 8** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 7**, jedoch mit einem O-Ring als Polymerteder;

[0032] **Fig. 9** einen Querschnitt X-X durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 7** und 8;

[0033] **Fig. 10** einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung mit zwei gegenüberliegenden, federbelasteten Rastkugeln in getrennten Radialbohrungen eines koaxialen, zylindrischen Innenteils;

[0034] **Fig. 11** einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich **Fig. 10**, jedoch mit einer radialen Durchgangsbohrung, in der eine Durchgangsfeder für die beiden Rastkugeln angeordnet ist;

[0035] **Fig. 12** einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich **Fig. 10**, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden Rastkugeln;

[0036] **Fig. 13** einen Querschnitt durch eine Rohrwellenkupplung ähnlich **Fig. 11**, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden Rastkugeln;

[0037] **Fig. 14** einen Längsschnitt durch eine Rohrwellenkupplung, mit einem zylindrischen Innenteil, das an seinem Außenumfang eine Ringnut aufweist, in der sich ein elastisch verformbarer Toleranzring aus Metall befindet;

[0038] **Fig. 15** einen Teillängsschnitt durch eine Klauenkupplung;

[0039] **Fig. 16** eine axiale Ansicht der Klauenkupplung von **Fig. 15**;

[0040] **Fig. 17** eine Ansicht eines Elastomerkränzes der Klauenkupplung von **Fig. 15** und 16;

[0041] **Fig. 18** eine axiale Ansicht eines Außenteils einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung aus Kunststoff;

[0042] **Fig. 19** ein Teillängsschnitt des Außenteils von **Fig. 18** mit der Innenverzahnung aus Kunststoff;

[0043] **Fig. 20** eine axiale Ansicht eines zum Außenteil der **Fig. 18** und 19 passenden Innenteils mit einer Außenverzahnung aus Metall;

[0044] **Fig. 21** eine Seitenansicht des Innenteils von **Fig. 20**;

[0045] **Fig. 22** einen Längsschnitt durch einen Nockenwellenversteller ähnlich **Fig. 1**, jedoch mit einer Magnetwellenkupplung anstelle der Zweikantwellenkupplung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0046] In **Fig. 1** ist ein elektrischer Nockenwellenversteller 1 mit einem Verstellgetriebe 2 und einem elektrischen Verstellmotor 3 dargestellt, die als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine Kupplung lösbar verbunden sind.

[0047] Das Verstellgetriebe 2 ist ein Dreiwelengetriebe, das als Exzentergetriebe eine hohe Untersetzung (Untersetzungsbereich von 1 : 30 bis 1 : 250) und einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Das Verstellgetriebe 2 besitzt eine Antriebs- und eine Antriebswelle sowie eine Verstellwelle 9. Die Antriebswelle ist als Kettenrad 5 ausgebildet und steht mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle über eine ebenfalls nicht dargestellte Kette in drehfester Verbindung. Die Abtriebswelle ist als Abschlusswand 6 ausgeführt, die mittels einer Spannschraube 7 drehfest mit einer Nockenwelle 8 verbunden ist. Die Verstellwelle 9 ist als Exzenterwelle ausgebildet, die über eine Zweikantwellenkupplung 4 mit einer Verstellmotorwelle 10 praktisch drehspielfrei, jedoch axial ver-

schiebbar verbunden ist. Die Verstellwelle 9 dient zum Antrieb zweier Stirnräder 11, 12, die mit einer Innenverzahnung 13 des Kettenrades 5 kämmen und das Verstellmoment über Stifte 14 und über die Abschlusswand 6 auf die Nockenwelle 8 übertragen. Der elektrische Verstellmotor 3 besitzt einen Stator 15, der am Zylinderkopf 16 befestigt ist und einen Dauermagnetrotor 17, der sich mit der Nockenwelle 8 dreht.

[0048] In den **Fig.** 2 und 3 ist die als Einzelheit X bezeichnete Zweikantwellenkupplung 4 der **Fig.** 1 im Quer- und Längsschnitt vergrößert dargestellt. Ein Innenteil 18 der Zweikantwellenkupplung 4 ist mit der Verstellmotorwelle 10, ein Außenteil 19 mit der Verstellwelle 9 einteilig ausgebildet. Beide Teile 18, 19 weisen jeweils gleiche Kupplungsflächen 20, 21 auf, zwischen denen das für eine Axialverschiebung (Wärmedehnung, Montage) erforderliche Minimalspiel vorgesehen ist. Auf diese Weise wird auch ein minimales Verdrehspiel erreicht, dass für die Haltbarkeit und Geräuscharmut der mit Wechselmomenten beaufschlagten Zweikantwellenkupplung 4 wichtig ist. Der für die geringen Spiele und Toleranzen an beiden Teilen 18, 19 erforderliche Fertigungsaufwand ist jedoch beträchtlich.

[0049] Diesem Nachteil wird durch eine in Längs- und Querschnitt dargestellte Zweikantwellenkupplung 4' der **Fig.** 4 und 5 begegnet. Hierbei ist in den Kupplungsflächen 20' der Innenteile 18' je einer Nut 22 vorgesehen, in die eine Flachbiege- oder eine Tellerfeder 23 mit Vorspannung eingesetzt ist. Die Federn 23 überbrücken durch die Vorspannung und den Federweg das nunmehr zulässige, relativ große Spiel zwischen dem Innen- und einem Außenteil 18', 19' und übernehmen die Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors 3. Da dieses mit < 1 Nm relativ gering ist, sind auch die benötigten Feder- und Montagekräfte gering und es tritt bei entsprechender Federsteifigkeit kein Verdrehen zwischen Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10 auf. Da das Drehmoment des Verstellmotors 3 nur über die Federn 23 übertragen wird, berühren sich die Kupplungsflächen 20', 21' der Teile 18', 19' nicht. Die Federn 23 sind in Verbindung mit dem relativ großen Spiel zwischen dem Kupplungsflächen 20', 21' in der Lage, kleine Achsversätze zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle 9, 10 auszugleichen.

[0050] **Fig.** 6 zeigt eine Kupplung 4' als Variante zu **Fig.** 4 und 5, bei der die beiden Federn 23 und die Nuten 22 des Innenteils 18' durch einen Federbügel 24 zu einer einteiligen Federspange 25 vereinigt sind, die an Ecken 26 des Innenteils 18' unverlierbar einrastet. Diese Verliersicherung bedeutet eine erhebliche Montageerleichterung.

[0051] In den **Fig.** 7 und 8 ist eine Zweikantwellenkupplung 4" im Längsschnitt und in **Fig.** 9 im Querschnitt dargestellt, bei der anstelle der Flachbiege- oder Tellerfedern 23 ein Polymerband 28 oder ein Polymer-O-Ring 29 vorgesehen sind. Diese sind in einer umlaufenden Nut 30, 31 der Innenteile 18' zu deren

Kupplungsflächen 20' mit Überstand montiert, so dass sie im Einbauzustand eine Vorspannung aufweisen. Dadurch ist das auch bei dieser Variante große Spiel zwischen den Kupplungsflächen 20', 21' der Innen- und Außenteile 18', 19' überbrückt, ohne dass diese sich berühren. Auch hier wird das relativ niedrige Drehmoment des Verstellmotors 3 bei entsprechender Steifigkeit des Polymerbands 28 und des Polymer-O-Rings 29 ohne Relativverdrehung der Innen- und Außenteile 18', 19' übertragen.

[0052] In **Fig.** 9 ist die umlaufende Nut 30, 31 im Innenteil 18' mit dem Polymerband 28 und dem Polymer-O-Ring 29 zu erkennen, die eine optimale Spielüberbrückung zwischen den Innenteilen 18' und den Außenteilen 19' der Kupplung 4" bewirken.

[0053] Die **Fig.** 10 bis 13 zeigen Querschnitte durch eine Rohrwellenkupplung 32 mit einem hohlzylindrischen Außenteil 33 und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil 34, das mit Spiel im hohlzylindrischen Außenteil 33 angeordnet ist.

[0054] Im zylindrischen Innenteil 34 der **Fig.** 10 sind zwei gleiche, von dessen Umfang ausgehende, fluchtende Radialbohrungen 35 vorgesehen, in denen je eine Druckfeder 36 angeordnet ist. Diese wirken auf je eine Rastkugel 37 ein, die in den Radialbohrungen 35 mit Spiel geführt sind und verdrängen diese in je eine andere Radialbohrung 38 in dem Außenteil 33. Die anderen Radialbohrungen 38 fliehen in einer bestimmten Drehstellung des zylindrischen Innenteils 34 mit den Radialbohrungen 35. Aufgrund eines bestimmten, geringeren Durchmessers der anderen Radialbohrungen 38 gegenüber den Radialbohrungen 35, dringen die Rastkugeln 37 nur bis zu einer bestimmten Tiefe in die andere Radialbohrung 38 ein, die zur Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors 3 ausreicht. Die Rastkugeln tragen dabei auf einer Austrittskante 43 der anderen Radialbohrung 38. Durch Wahl des Durchmessers der anderen Radialbohrung 38 kann die Höhe des übertragbaren Drehmoments bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Rohrwellenkupplung 32 zur Sicherheitskupplung.

[0055] In **Fig.** 11 sind die beiden Radialbohrungen 35 durch eine Durchgangsbohrung 39 mit einer Durchgangsfeder 40 ersetzt. Diese Lösung hat gegenüber der von **Fig.** 10 den Vorteil eines geringeren Bauaufwands und einer gleichmäßigen Druckbelastung der beiden Rastkugeln 37, die eine genauere Festlegung des übertragbaren Drehmoments erlaubt.

[0056] Der Aufbau der Rohrwellenkupplungen 32 der **Fig.** 12 und 13 entspricht dem der **Fig.** 10 und 11. Der Unterschied besteht in der Verwendung von zylindrischen Raststiften 41 anstelle der Rastkugeln 37, mit kegelig zugespitzten Enden 42, die mittels der Druckkraft der Druckfedern 36' bzw. der Durchgangsfeder 40' in der Durchgangsbohrung 39 in andere Radialbohrungen 38' hineinragen und an deren Austrittskante 43' tragen. Bei dieser Variante kann das übertragbare Drehmoment über die Größe des Ke-

gelwinkels des kegelig zugespitzten Endes 42 begrenzt werden. Dadurch kann auch diese Rohrwellenkupplung 32 als Sicherheitskupplung dienen.

[0057] In **Fig. 14** ist als weitere Kupplungsvariante eine Rohrwellenkupplung 32' dargestellt. Hierbei wird eine kraftschlüssige Momentenübertragung zwischen einem zylindrischen Innenteil 34' und einem hohlzylindrischen Außenteil 33' durch einen in einer Radialnut 45 angeordneten, elastisch verformbaren Toleranzring 44 aus Metall erreicht. Der Toleranzring 44 überragt die Radialnut 45 um ein bestimmtes Maß, dass die elastische Verformung und den davon abhängigen Kraftschluss bestimmt.

[0058] In **Fig. 15** ist ein Teilquerschnitt durch eine Klauenkupplung 46 mit Klauen 47, 48 dargestellt. Diese sind an den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10 auf gleichem Durchmesser verdrehfest angeordnet. Sie greifen mit Abständen ineinander, die durch einen in **Fig. 17** dargestellten elastischen, vorgespannten Polymerkranz 49 mit Zahnelementen 50 drehspielfrei überbrückt sind.

[0059] Die **Fig. 16** zeigt eine axiale Ansicht der Klauenkupplung 46, bei der je acht Klauen 47 und 48 sowie der Polymerkranz 49 mit acht Zahnsegmenten 50 gestrichelt dargestellt sind. Die Klauenkupplung 46 gleicht kleine Fluchtungsfehler zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle 9, 10 aus, und gestattet auch eine kleine axiale Verschiebung zwischen denselben.

[0060] In **Fig. 18** ist eine axiale Ansicht eines Außenteils 55 einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung 56 aus elastischem Kunststoff dargestellt. Die **Fig. 19** zeigt einen Teillängsschnitt des Außenteils 55 von **Fig. 18**. Die Innenverzahnung 56 ist in einer Radialnut 57 einer Zwischenbüchse 58 eingeklebt. In radialer Verlängerung ist hinter jedem Zahn 59 eine Radialbohrung 60 vorgesehen, die mit dem Kunststoff gefüllt und durch einen nietkopfähnlichen Deckel 61 abgeschlossen ist. Der in der Radialbohrung 60 befindliche Kunststoff erhöht das übertragbare Drehmoment der Innenverzahnung 56. Die Zwischenbüchse 58 kann als Teil der Verstellwelle 9 oder der Verstellmotorwelle 10 dienen oder in diese eingepresst werden..

[0061] Die **Fig. 20** und **21** zeigen ein Innenteil 62 aus Metall mit einer Außenverzahnung 63, die Außenzähne 64 aufweist. Diese sind schmäler als die Innenzähne 59 aus Kunststoff, da sie eine höhere Festigkeit aufweisen. Entsprechend sind die Innenzahnlücken 65 schmäler als die Außenzahnlücken 66. Grundsätzlich könnte auch die Außenverzahnung 63 in Kunststoff ausgebildet werden. Es bietet sich jedoch die Innenverzahnung 56 wegen des möglichen größeren Materialvolumens dafür an.

[0062] Die **Fig. 22** zeigt einen Nockenwellenversteller 1', dessen Verstellwelle 9 mit der Verstellmotorwelle 10' durch eine Dauermagnetwellenkupplung 51 berührungslos und drehspielfrei verbunden sind. An den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle 9, 10' sind Dauermagnete 52, 53 befestigt, zwischen

denen eine unmagnetische Membran 54 verläuft, die den Verstellmotor 3 öldicht abschließt. Auf diese Weise ist der Verstellmotor 3 ohne reibungserzeugende Dichtelemente hermetisch abgeschlossen.

Bezugszeichenliste

1, 1'	Nockenwellenversteller
2	Verstellgetriebe
3	elektrischer Verstellmotor
4, 4', 4"	Zweikantwellenkupplung
5	Kettenrad
6	Abschlusswand
7	Spannschraube
8	Nockenwelle
9	Verstellwelle
10, 10'	Verstellmotorwelle
11	Stirnrad
12	Stirnrad
13	Innenverzahnung
14	Stift
15	Stator
16	Zylinderkopf
17	Dauermagnetrotor
18, 18'	Innenteil
19, 19'	Außenteil
20, 20'	Kupplungsfläche
21, 21'	Kupplungsfläche
22	Nut
23	Flachbiege- oder Tellerfeder
24	Federbügel
25	Federspange
26	Ecke
27	Quernut
28	Polymerband
29	Polymer-O-Ring
30	umlaufende Nut
31	umlaufende Nut
32, 32'	Rohrwellenkupplung
33, 33'	hohlzylindrisches Außenteil
34, 34'	koaxiales zylindrisches Innenteil
35	Radialbohrung
36, 36'	Druckfeder
37	Rastkugel
38, 38'	andere Radialbohrung
39	Durchgangsbohrung
40, 40'	Durchgangsfeder
41	zylindrischer Raststift
42	kegelig zugespitztes Ende
43, 43'	Austrittskante
44	Toleranzring
45	Radialnut
46	Klauenkupplung
47	Klaue
48	Klaue
49	Polymerkranz
50	Zahnelement
51	Dauermagnetwellenkupplung
52	Dauermagnet
53	Dauermagnet

54	Membran
55	Außenteil
56	Innenverzahnung
57	Radialnut
58	Zwischenbüchse
59	Innenzahn
60	Radialbohrung
61	Deckel
62	Innenteil
63	Außenverzahnung
64	Außenzahn
65	Innenzahnlücken
66	Außenzahnlücken

Patentansprüche

1. Nockenwellenversteller (1, 1') zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupplung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46; 51) miteinander verbunden sind.

2. Nockenwellenversteller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellmotor vorzugsweise ein elektrischer Verstellmotor (3) ist.

3. Nockenwellenversteller nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46, 51) zwei zusammenfügbare Teile aufweist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle (10) und das andere mit der Verstellwelle (9) drehfest verbunden beziehungsweise mit den Wellen (9, 10) einstückig ausgebildet ist.

4. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eines der beiden Teile als Außenteil (19, 19'; 33, 33') das andere als Innenteil (18, 18'; 34, 34') ausgebildet ist, wobei die beiden Teile drehspielfrei ineinander steckbar sind.

5. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellenkupplung (4, 4', 4") ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen (21, 21') am Außenteil (19, 19') und je zwei Kupplungsflächen (20, 20') am Innenteil (18, 18') aufweist, wobei vorzugsweise am letzteren drehspielvermeidende Mittel vorgesehen sind.

6. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeiden-

des Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20, 21) des Innen- und Außenteils (18, 19) vorgesehen ist.

7. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststofffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20', 21') überbrücken.

8. Nockenwellenversteller nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern (23) und die Kunststofffedern vorzugsweise als Polymerband (28) oder als Polymer-O-Ring (29) ausgebildet und vorzugsweise in Nuten (22) bzw. einer umlaufenden Nut (30, 31) der Kupplungsflächen (20') des Innenteils (18') angeordnet sind.

9. Nockenwellenversteller nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Flachbiege- oder Tellerfedern (23) als einteilige Federspange (25) ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken (26) des Innenteils (18') einrastet.

10. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als eine Rohrwellenkupplung (32, 32') ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil (33, 33') und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil (34, 34'), das mit Spiel im Außenteil (33, 33') angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist.

11. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring (44), vorzugsweise aus Metall, vorgesehen ist, der in einer Radialnut (45) vorzugsweise am Umfang des koaxialen, zylindrischen Innenteils (34') angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial übertragt.

12. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidende Mittel zumindest eine Rastkugel (37) oder ein vorzugsweise zylindrischer Raststift (41) mit kegelig zugespitztem Ende (42) vorgesehen sind, die in Radial- bzw. Durchgangsbohrungen (35, 39) vorzugsweise des koaxialen, zylindrischen Innenteils (34) mit Spiel geführt und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialbohrungen (38, 38') geringeren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil (33) unter der Kraft einer Druck- bzw. Durchgangsfeder (36, 36'; 40, 40') um ein durch den geringeren Durchmesser begrenztes Maß verschiebbar sind.

13. Nockenwellenversteller nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die anderen Radialbohrungen (38, 38') als in axialer Richtung ausge-

richtete Langlöcher ausgebildet sind.

14. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Klauenkupplung (46) ausgebildet ist, deren beide Teile auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen (47, 48) aufweisen, die ineinander greifen, wobei zwischen den Klauen (47, 48) Abstände vorgesehen sind, die durch Zahnelemente (50) eines elastischen, vorgespannten Polymerkranzes (49) drehspielfrei überbrückt sind.

15. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupplung, ausgebildet ist, deren Außen- oder Innenteil (55, 65), insbesondere deren Innen- oder Außenverzahnung (56, 63) aus elastischem Kunststoff ausgebildet ist.

16. Nockenwellenversteller nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die aus Kunststoff bestehende Außenverzahnung (56, 63) direkt auf entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend ausgebildete, metallische Zwischenbüchse (58) vorzugsweise aufvulkanisiert ist und dass die Zwischenbüchse (58) mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

17. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Magnetwellenkupplung (51) ausgebildet ist, deren beide Teile gegenüberliegende Dauermagnete (52, 53) aufweisen, die das Antriebsmoment des Verstellmotors (3) durch Magnetkräfte berührungslos und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle (10') auf die Verstellwelle (9) übertragen.

18. Nockenwellenversteller nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauermagnete (52, 53) vorzugsweise axial angeordnet sind und das zwischen ihnen eine unmagnetische Membran (54) mit beidseitigem Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor (3) öldicht abschließt.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

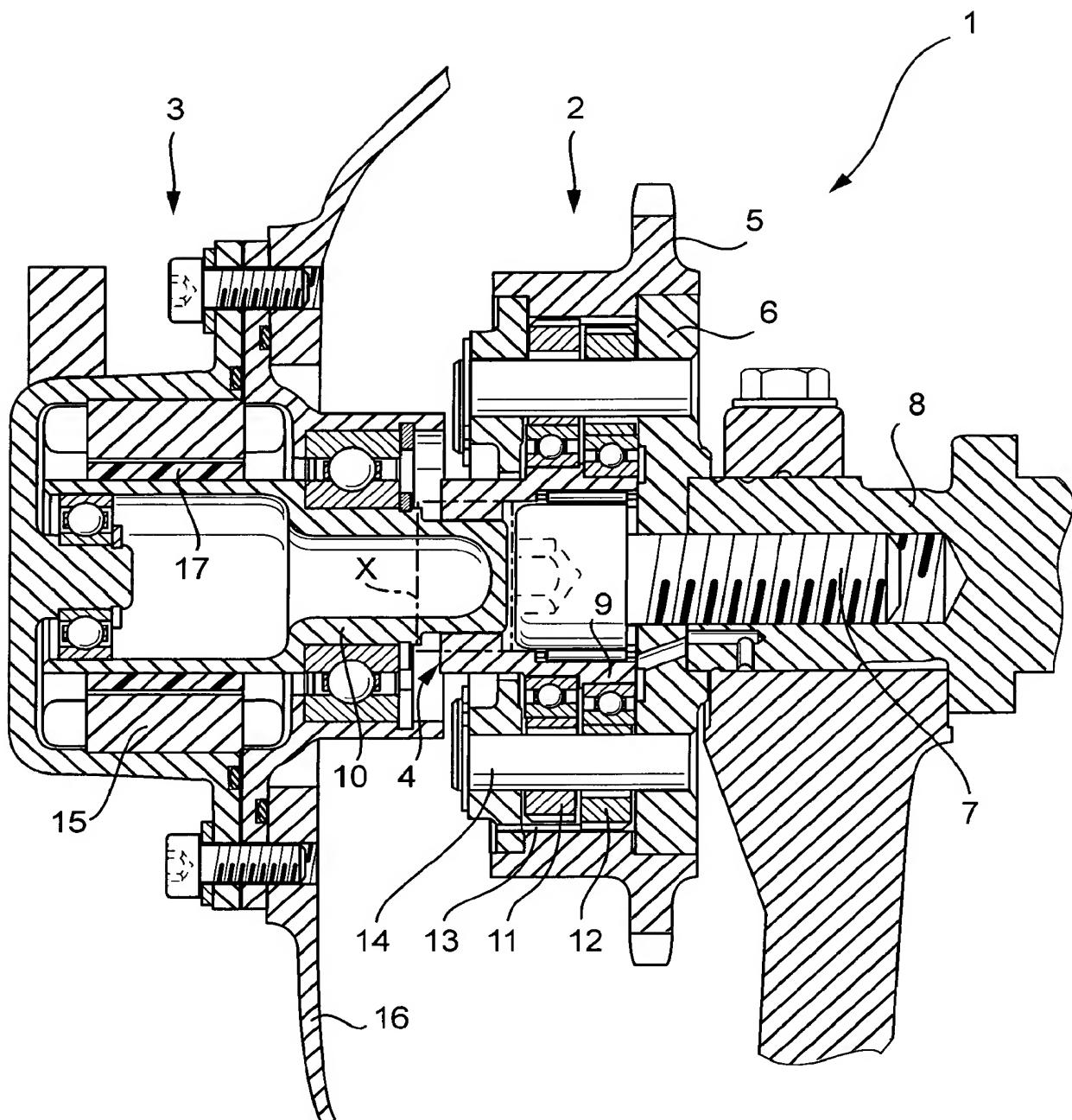


Fig. 1

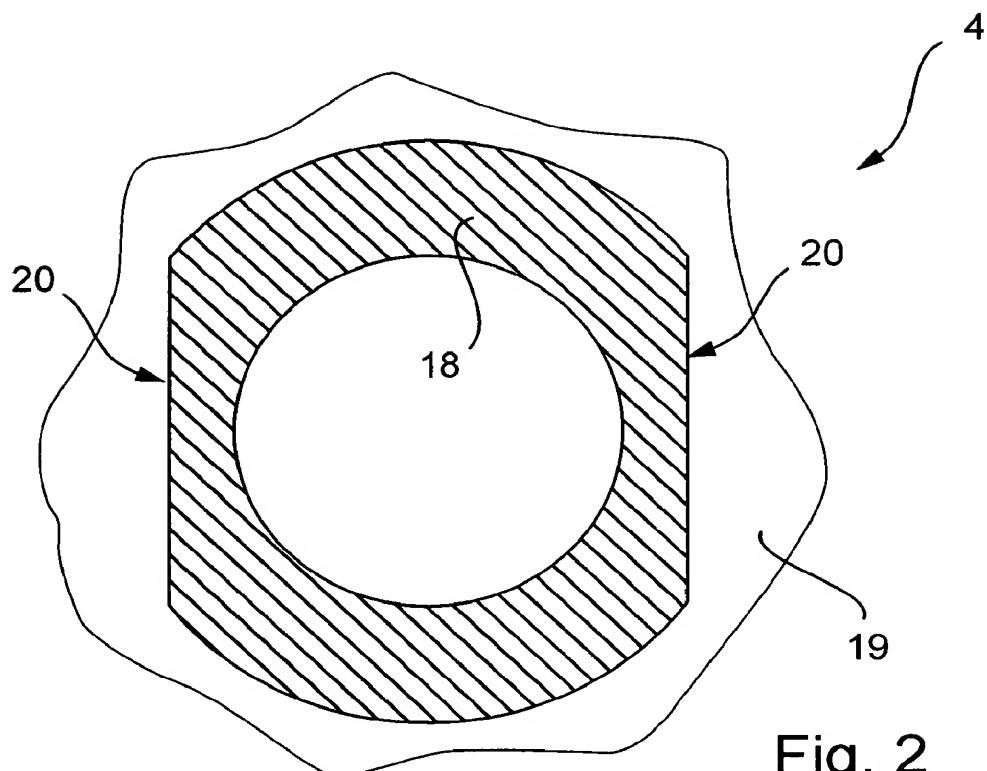


Fig. 2

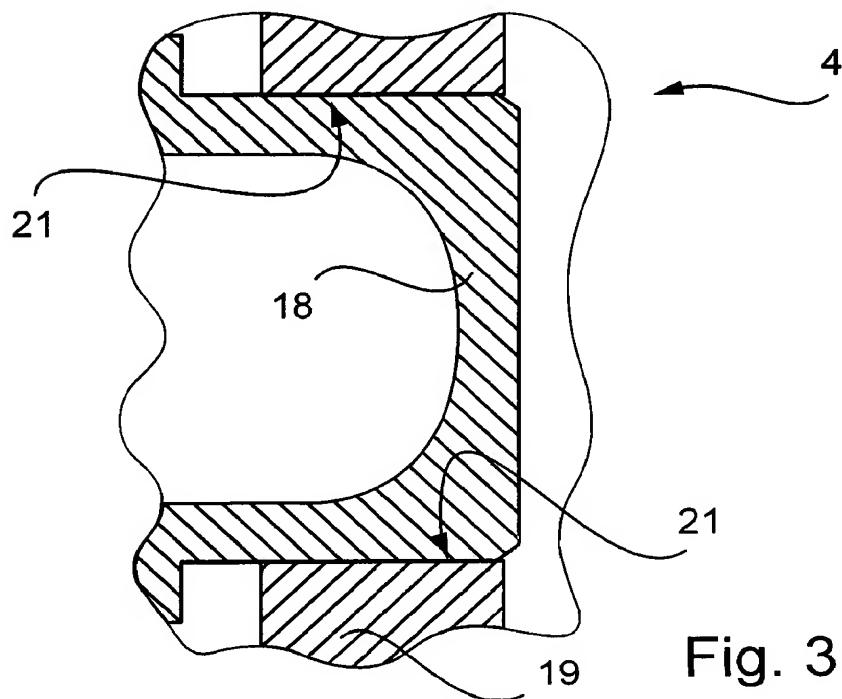


Fig. 3

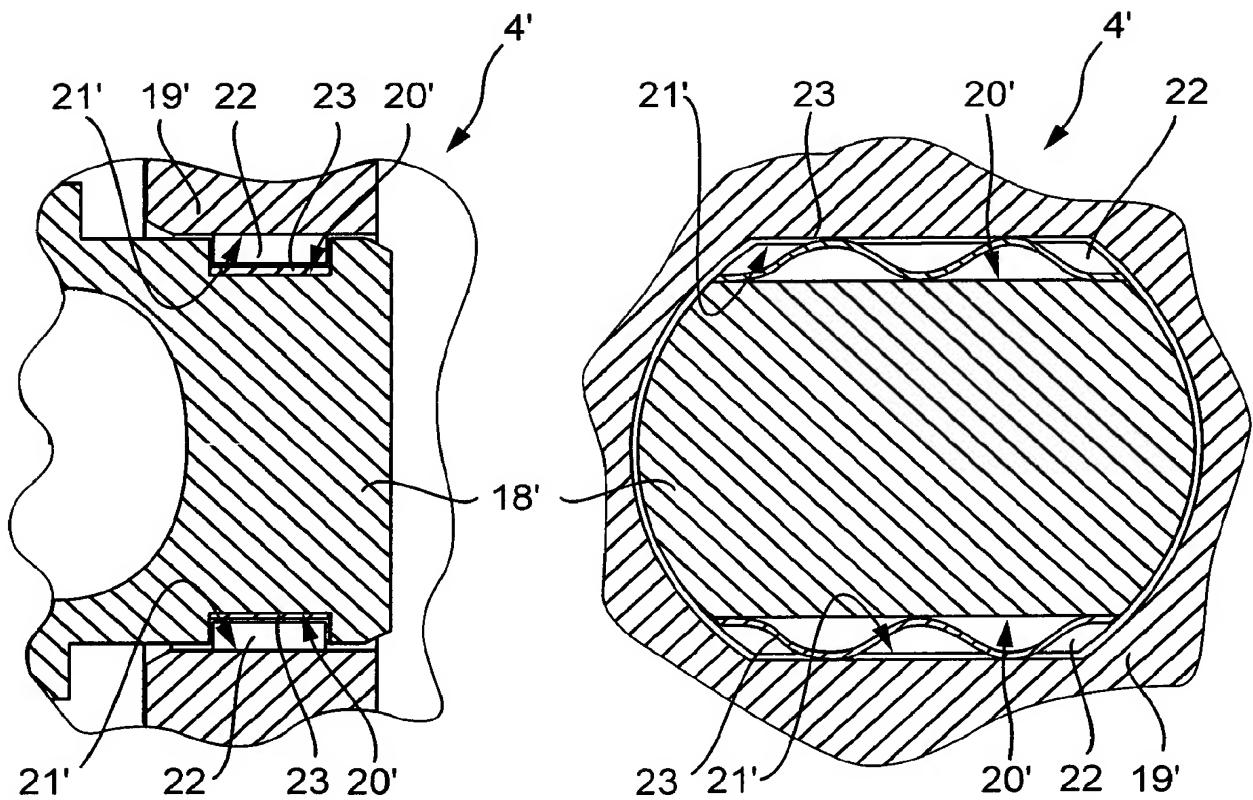


Fig. 4

Fig. 5

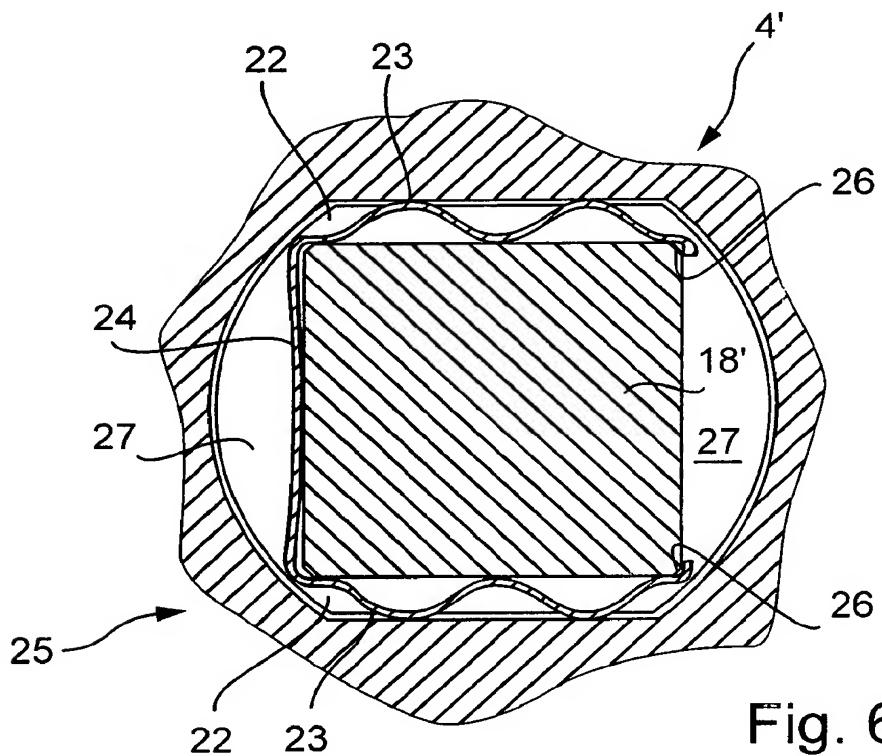


Fig. 6

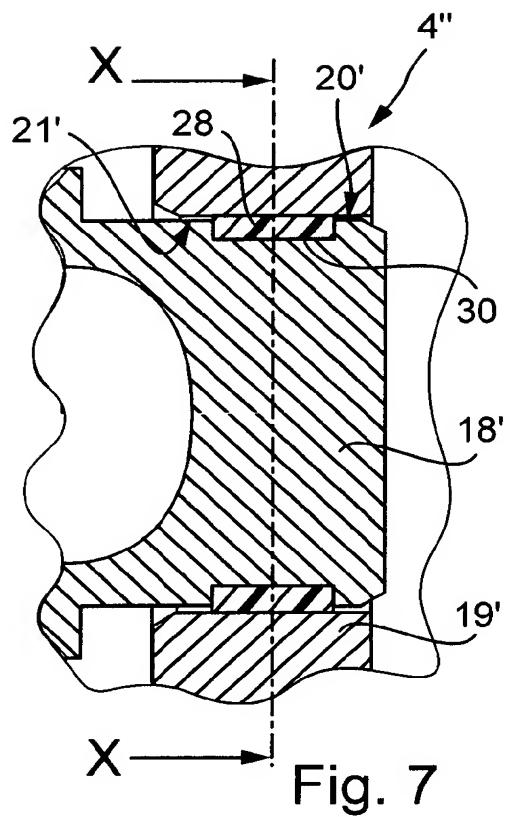


Fig. 7

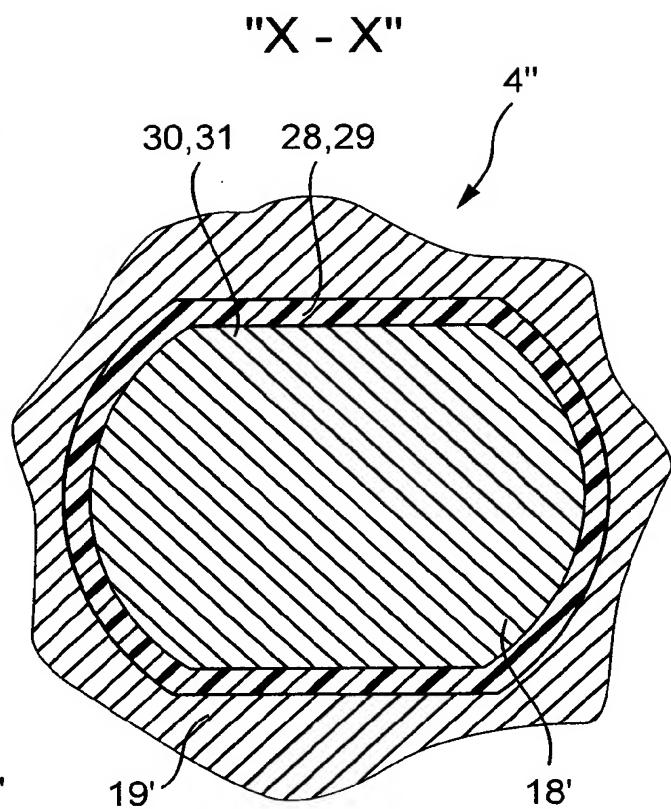


Fig. 9

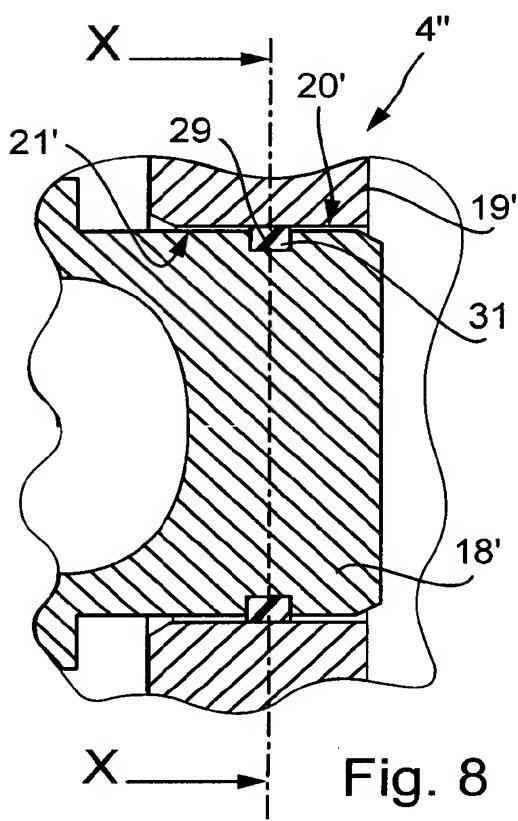


Fig. 8

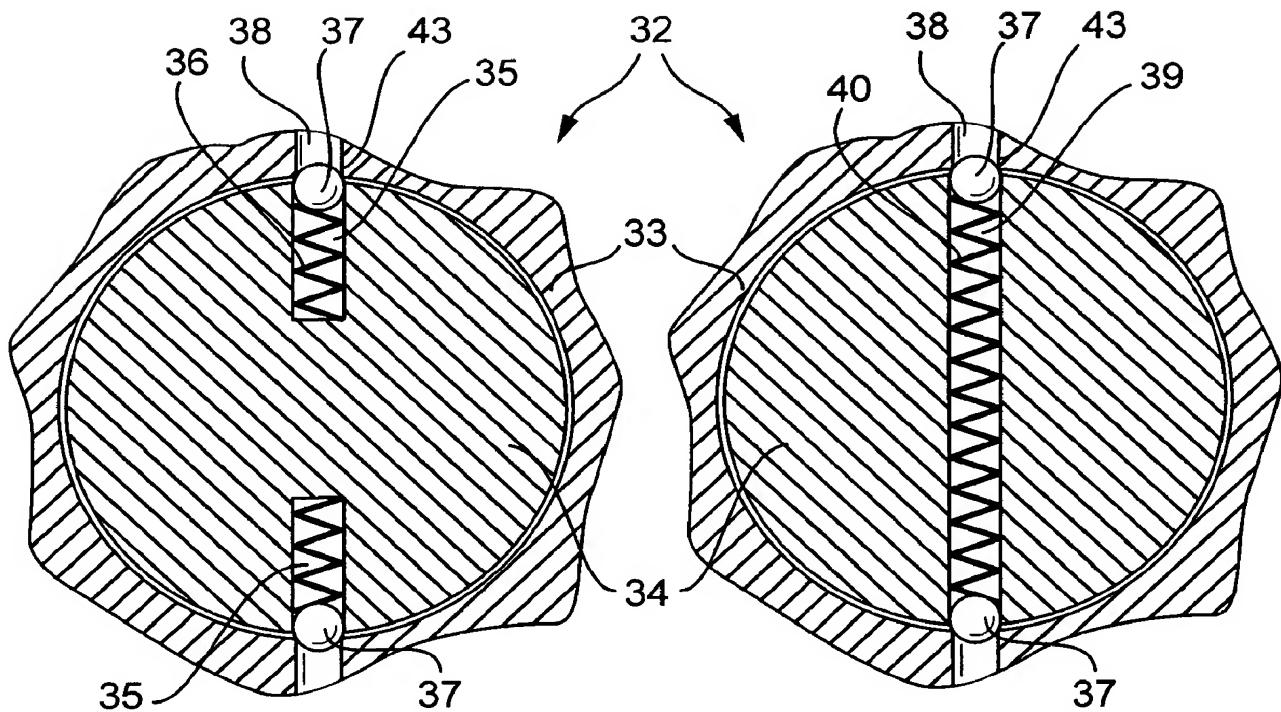


Fig. 10

Fig. 11

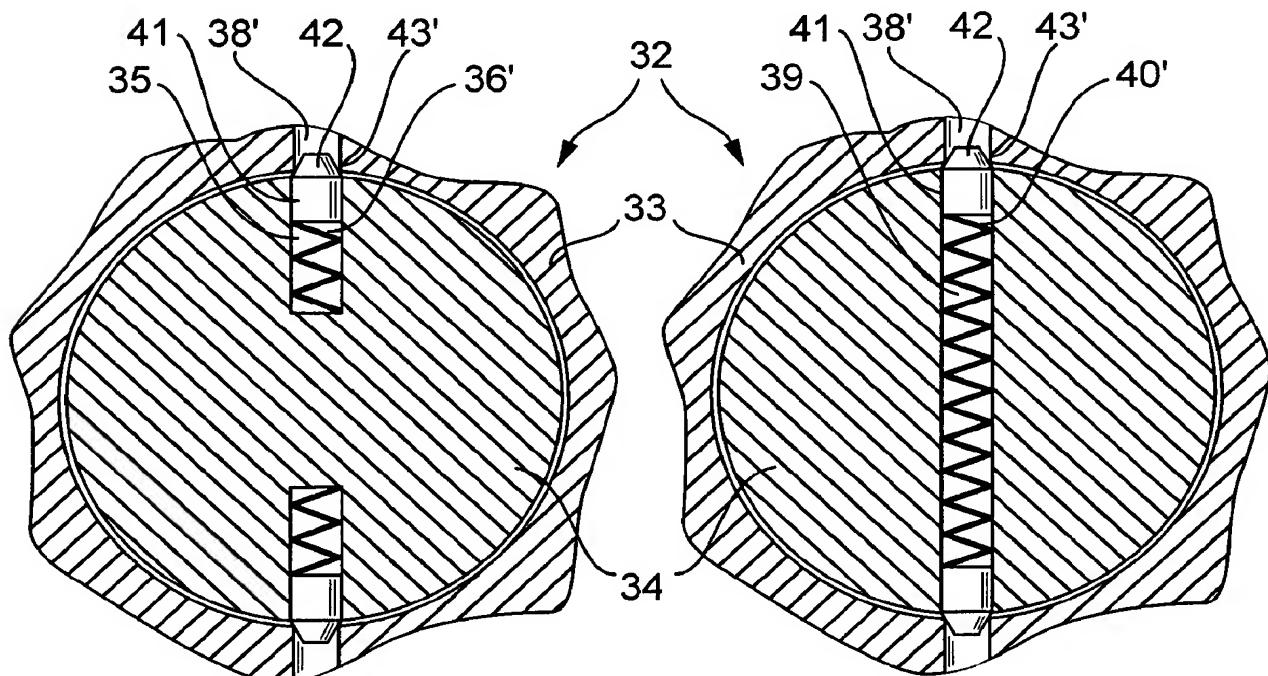


Fig. 12

Fig. 13

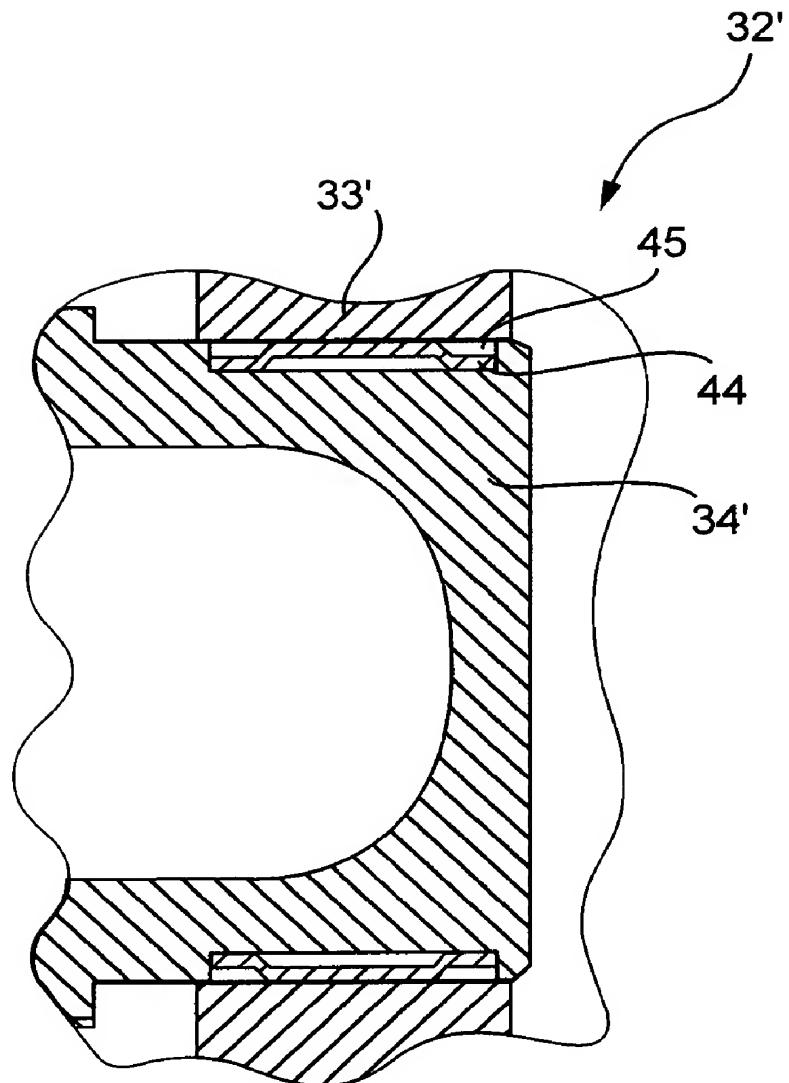


Fig. 14

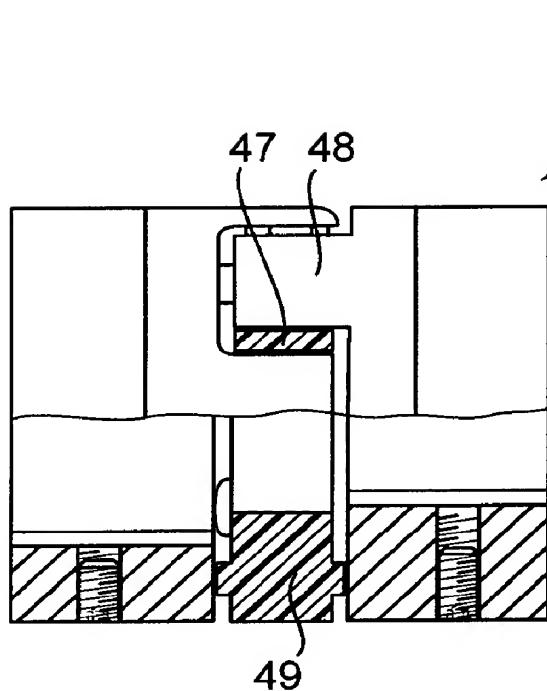


Fig. 15

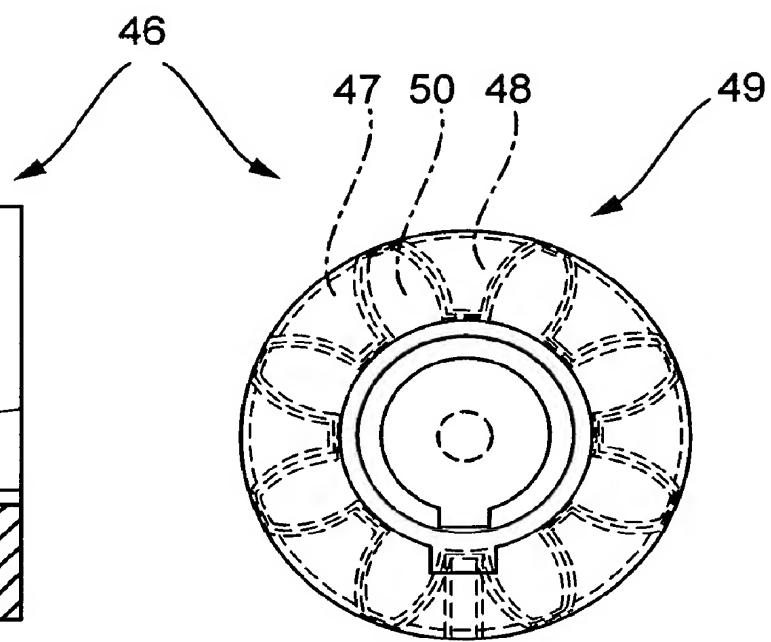


Fig. 16

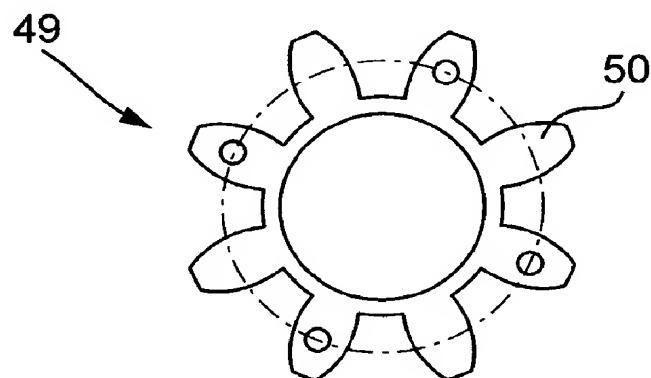


Fig. 17

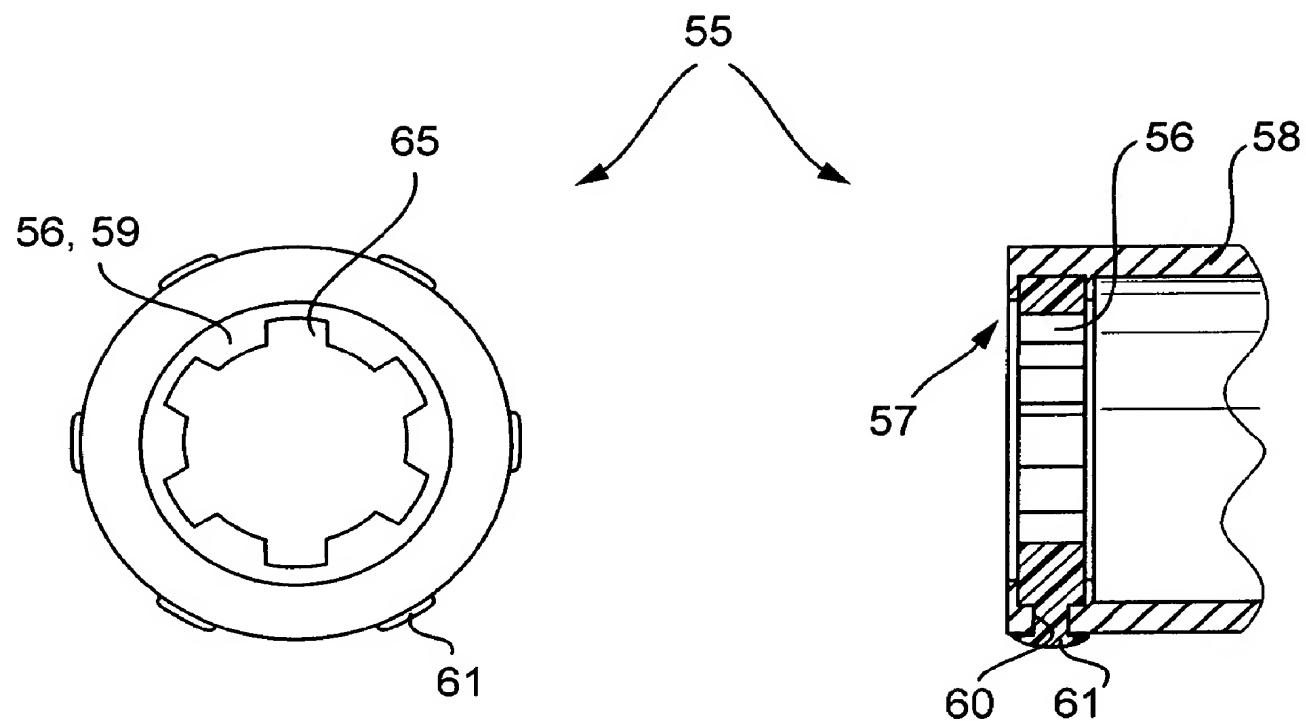


Fig. 18

Fig. 19

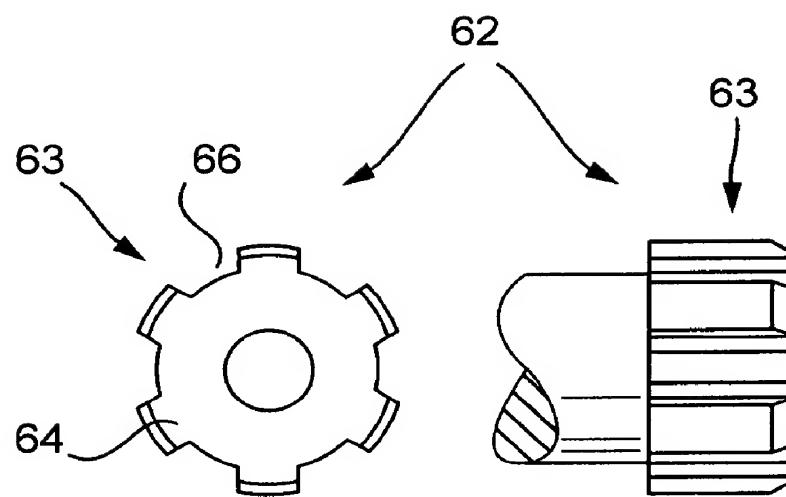


Fig. 20

Fig. 21

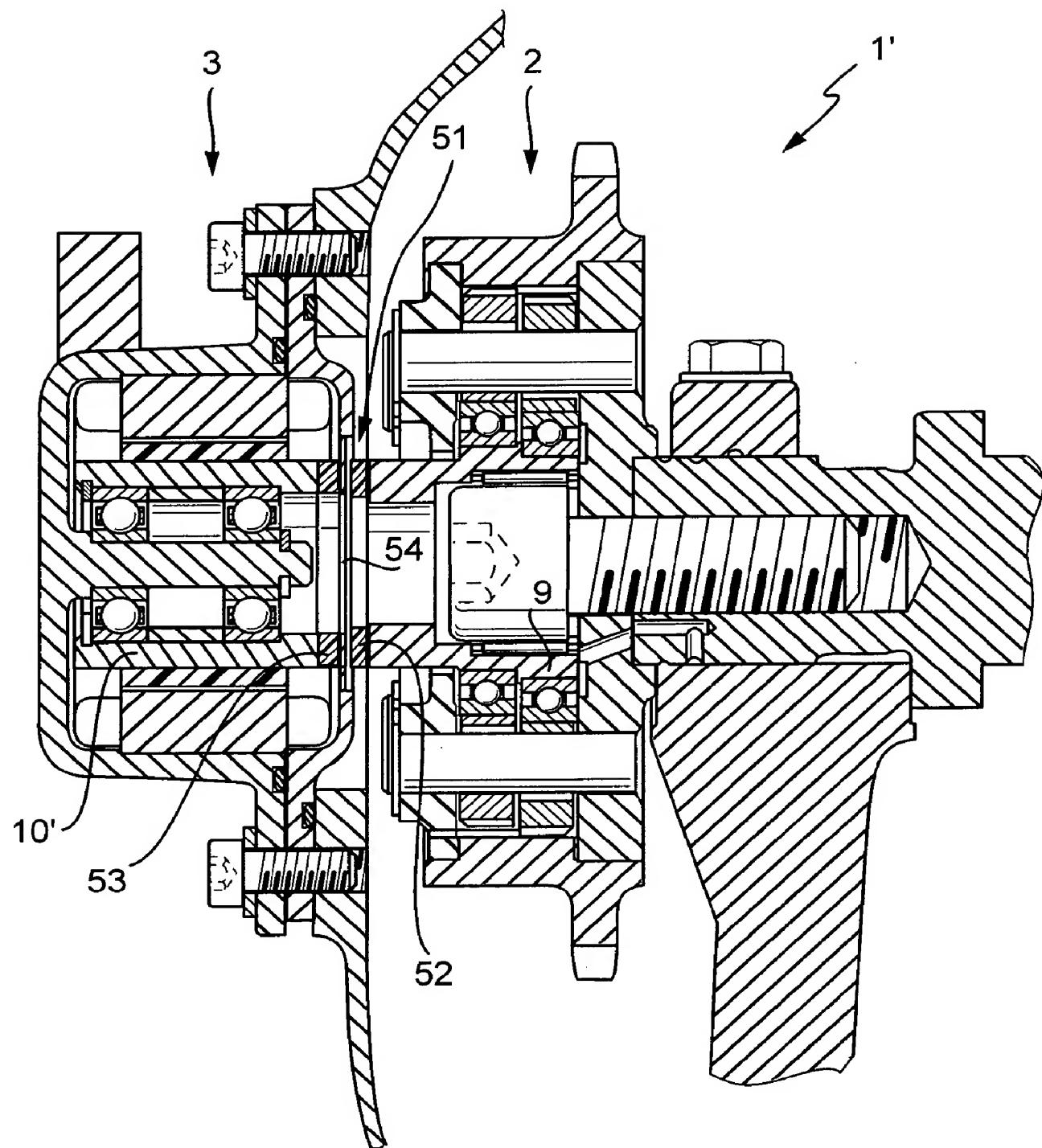


Fig. 22